

雨後のキノコの電氣的な会話を測定 菌糸のネットワークによるシグナル伝達の可能性を野外で初確認

【発表のポイント】

- 地上に生えているキノコに電極を設置し、野外での電位変化の測定に初めて成功しました。
- 雨が降るとキノコの電位が変化することがわかりました。
- 野外のキノコ間で方向性のある電気シグナル伝達が起こっている可能性が示唆されました。
- 野外の菌類におけるシグナル伝達の理解は、森林における菌類の生態的な役割の理解や制御に役立つと考えられます。

【概要】

菌根菌^(注1)は土壌中に菌糸のネットワークを張り巡らせ、植物の根と共生関係を築くことで森林生態系の維持に重要な役割を果たしています。菌根菌の菌糸を介した植物間のシグナル伝達は世間の注目を集めていますが、科学的なデータは多くありません。

東北大学農学研究科の深澤遊助教と長岡工業高等専門学校の武樋孝幸講師、同校の赤井大介本科生、京都大学白眉センターの潮雅之特定准教授（現 香港科技大学助理教授）の研究グループは、森林の地上から発生した外生菌根菌オオキツネタケのキノコ（子実体）に電極を設置し、雨の後にキノコの電氣的な活性が変化しそれが維持されることを野外で初めて測定することに成功しました。キノコ間での電位の変動パターンに有意な因果関係が確認されたことから、キノコ間で電気シグナル伝達が起こっている可能性があることが示唆されました。菌根菌を介した植物個体間のシグナル伝達の研究に寄与する成果です。本研究成果は2023年3月14日（火）に菌類生態学の国際誌 *Fungal Ecology* のオンライン版で公開されました。

【詳細な説明】

研究の背景

菌根菌^(注1)は土壌中に菌糸ネットワークを張り巡らせ、植物の根と共生関係を築くことで森林生態系の維持に重要な役割を果たしています。菌根菌の菌糸を介した植物間のシグナル伝達は世間の注目を集めていますが、科学的なデータは少ないのが現状です。

電気シグナルは神経系をもつ生物だけでなく、あらゆる生物でシグナル伝達に使われており、菌類でも実験室内の菌糸やキノコで電位^(注2)やキノコ間でのシグナル伝達が近年測定されていますが、野外で菌類の電氣的シグナル伝達が生計測された例はありませんでした。

今回の取り組み

本研究では、野外の森林の地上に発生した菌根菌オオキツネタケ (*Laccaria bicolor*) のキノコ 6 個に電極を設置することで、菌類の電氣的シグナル伝達を示唆するデータを野外で初めて計測しました。

キノコに電極を設置した直後はほとんど電位が計測されませんでした。2 日間の測定中には降雨があり、降雨が始まってしばらくするとキノコの電位が大きく変動し始め、降雨後も電位活性は維持されました。

降雨後の電位が安定した時のデータを使い、時系列データに基づく因果解析^(注3)を行ったところ、電位の変動パターンにキノコ間で有意な因果関係が見つかりました。因果関係は距離的に近いキノコ同士ほど強く、またキノコ間の因果関係には方向性がある可能性が示唆されました。例えばキノコ1の電位変化はキノコ2に即座に(1秒後など)影響を与えますが、逆にキノコ2の電位がキノコ1に影響を与えるには数秒かかっていました。つまりキノコ間には電氣的なシグナル伝達があるが、その伝達には方向性があることを示唆するデータです。

菌根菌は、地上にキノコを出しますが、地下には菌糸のネットワークを張り巡らせています。今回得られた結果は、菌根菌が地下の菌糸を通じて電氣的なシグナルを伝達している可能性を示唆しています。

今後の展望

本研究により、菌類が野外でも菌糸ネットワークを介したシグナル伝達を行なっている可能性があることがわかりました。菌根菌は土壤中に菌糸ネットワークを張り巡らせ、多数の植物個体の根と共生関係を築くことで植物個体同士をつないでいるため、菌根菌を介した植物個体同士のシグナル伝達など、菌類が関わる生態学的役割の解明につながると期待されます。

【参考図】



図1 オオキツネタケのキノコに設置された電極

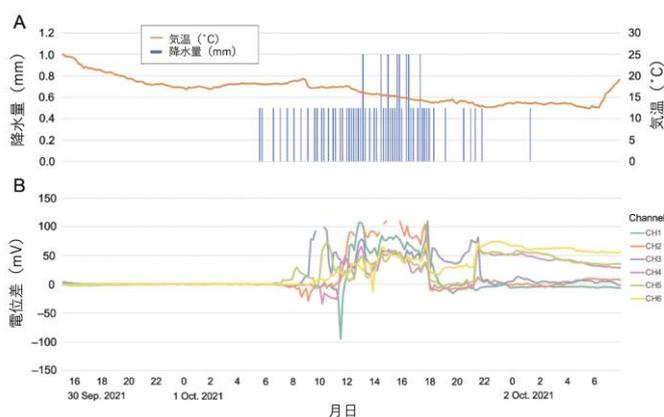


図2 電位測定期間中の気温と降水量 (A) とキノコ 6 個の電位差の変動 (B)

【用語説明】

注1 菌根菌

植物の根に菌糸を侵入させ、菌根と呼ばれる共生体をつくる。菌根菌は土壌中から水や養分を集めて植物に供給し、植物は光合成産物である糖を菌根菌に提供する相利共生関係にあることが多い。

注2 電位

細胞膜電位は、膜タンパク質による能動的なイオンの輸送で細胞内外に電位差が生じることによって発生する。今回測定した電位は、キノコの傘と枝に刺した 2 本の電極間の電位差を測定していることから、測定した電位差が膜電位の変化を反映したものかどうかははっきりとはわからない。野外での測定なので、雨水に含まれるイオンなど様々な要因が考えられるが、実験ではダミーキノコでの測定も行って雨水の直接的な電位への影響の可能性は排除している。

注 3 時系列データに基づく因果解析

時系列データの変動パターンから変数間の因果関係を統計的に検出する解析。今回の研究では 2 つのキノコの電位変化パターンの中で生じている情報の流れを定量化し（移動エントロピー）、因果関係あるなしの指標とした。

【研究資金】

本研究は、キオクシア株式会社の助成および科研費（学術変革 A）JP22H05669 の助成を受けて行われました。

【論文情報】

著者：Yu Fukasawa^{a,*}, Daisuke Akai^b, Masayuki Ushio^{c,d,1}, and Takayuki Takehi^b

^a Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, 232-3 Yomogida, Naruko, Osaki, Miyagi, 989-6711, Japan

^b National Institute of Technology, Nagaoka College, 888 Nishi-Katakaimachi, Nagaoka, Niigata, 940-0817, Japan

^c Hakubi Center, Kyoto University, Kyoto, 606-8501, Japan

^d Center for Ecological Research, Kyoto University, Otsu, 520-2113, Japan

¹ Present address: Department of Ocean Science, The Hong Kong University of Science and Technology, Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong SAR.

* Corresponding author

タイトル：Electrical potentials in the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor* after the rainfall event.

掲載誌：Fungal Ecology

掲載日：2023 年 3 月 14 日

DOI: 10.1016/j.funeco.2023.101229

URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1754504823000065?via%3Dihub>